



Examensarbete inom Lantmästarprogrammet

# **KVÄVEEFFEKT AV ORGANISKT BUNDET KVÄVE I RÖTREST FRÅN BIOGASANLÄGGNING**

## **NITROGEN-EFFECT OF ORGANICALLY BOUND NITROGEN IN DIGESTED SLUDGE FROM BIOGAS PLANTS**

**Av:**

**Fredrik Bengtsson**

**Handledare: Anita Gunnarsson**

**Examinator: Siri Caspersen**

**Sveriges lantbruksuniversitet**

**Alnarp 2007**

**Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap**

# FÖRORD

Lantmästarprogrammet är en två-årig högskoleutbildning vilken omfattar minst 80 p. En av de obligatoriska delarna i denna är att genomföra ett eget arbete som ska presenteras med en skriftlig rapport och ett seminarium. Detta arbete kan t ex ha formen av ett mindre försök som utvärderas eller en sammanställning av litteratur vilken analyseras. Arbetsinsatsen ska motsvara minst 5 veckors heltidsstudier (5 p).

Idén till studien kom från min handledare Anita Gunnarsson som arbetar för institutionen för växtvetenskap, SLU Alnarp. Jag blev väldigt intresserad av detta ämne och det försök som vi skulle genomföra. Det handlar mycket om bioenergi idag och det är ett område som blir mer och mer viktigt för framtiden. Kan man då använda sig av rötresten på ett effektivt sätt till både ekologiska och konventionella odlingar efter att man har rötat materialet till biogas är detta en stor framgång för både odlingarna och biogasanläggningarna.

Ett stort tack riktas till Anita Gunnarsson och Siri Caspersson som har varit till stor hjälp under hela försöksperioden. Även ett tack till Kjell Christensson vid försökstationen Anneberg, Billeberga där Kjell var till stor hjälp att ta fram rötresten ur rötresttanken.

Ett tack riktas även till personalen i Biotronen, Alnarp som tillhandahållit med en klimatkammare för försöket. Analycen som tagit fram alla analyssvar som vi själva inte kunnat ta fram.

Projektet har finansierats av Partnerskap Alnarp, SLU

Alnarp februari 2007

Fredrik Bengtsson

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INNEHÅLLSFÖRTECKNING .....	2
SAMMANFATTNING.....	3
SUMMARY .....	4
INLEDNING.....	5
MÅL .....	6
MATERIAL OCH METOD .....	6
FÖRSÖKET – I HELHET.....	6
JORD OCH GÖDSLING.....	6
SÅDD .....	9
VATTNING OCH OMFLYTTNING.....	9
SKÖRD, PROVTAGNING OCH ANALYS.....	10
BERÄKNINGAR OCH STATISTISK ANALYS .....	10
RESULTAT .....	12
MARKVÄTSKA .....	12
KVÄVEUPPTAG OCH SKÖRD AV VÄXTMATERIAL .....	12
ACKUMULERAD SKÖRD OCH KVÄVEUPPTAG .....	15
N-EFFEKTIVITET OCH RELATIV N-EFFEKTIVITET .....	17
DISKUSSION.....	18
SLUTSATS.....	19
REFERENSER .....	20
SKRIFTLIGA .....	20
MUNTliga .....	20

## SAMMANFATTNING

Idag diskuteras mycket hur vi ska lösa energiförsörjningen eftersom det är ett hot mot vårt klimat. Diskussionen pågår världen över men om vi håller oss till Sverige så finns det ett behov av nya energikällor framförallt nu när nedläggning av våra kärnkraftverk är på gång. En av dessa nya energikällor är då biogas som kommer att öka i framtiden.

Grödorna finns redan på våra fält så det är ett ypperligt tillfälle att använda de biprodukter som blir efter våra grödor. Det är en fördel att använda växtresterna till biogasproduktion istället för att bruka ner dem. Nedbrukning leder till att näring går förlorad genom utlakning som ger övergödning i sjöar och vattendrag. Detta är en viktig miljöfråga.

Ökningen av biogasanläggningar leder till att lantbrukare blir intresserade av kväveeffekten i rötresten. Det är här detta försök kommer att spela roll för lantbrukare i framtiden. Om rötresten är i klass med vanligt mineralgödselmedel kommer den att bli ett komplement till dem. Inom den ekologiska växtodlingen bör detta vara särskilt intressant.

Försöket i detta examensarbete gjordes i kärl i en klimatkammare i Biotronen, Alnarp. Till försöket valdes italienskt rajgräs för att få en snabb tillväxt av grönmassa. Den snabba tillväxten ville vi ha för att kunna ta fyra skördar under försöksperioden som pågick under ca ett halvår. Leden i försöket bestod av fem led varav ett ogödslat, två rötrestled med två olika höga kvävegivor och två mineralgödselled som motsvarade ammoniumkvävegivorna i rötrestleden.

Det fanns inte någon signifikant skillnad i kväveskörd mellan rötrestleden och mineralgödselleden i skörd 1 och 2. I de övriga skördarna var det signifikant högre kväveskörd i det högst gödslade rötrestledet än i det högst gödslade mineralgödselmedlet. Resultatet från skörd 4 visade att det inte var någon signifikant skillnad mellan det ogödslade ledet och mineralgödselleden.

Sammanlagd skörd av växtmaterial i blad eller av N i blad skilde sig inte mellan gödselmedlen. Ett högre ackumulerat upptag av kväve från rötresten jämfört med mineralgödselmedlet fick man endast om man adderar upptaget i bladen och även räknar med stubb och rot. Inte heller då var skillnaden signifikant.

Min slutsats blir att vi fick fram ett resultat som stärkte vår teori att endast en mycket begränsad del av det organiskt bundna kvävet frigörs under en växtsäsong.

## SUMMARY

Today much is discussed how to solve our energy supply while it being a threat to our climate. The discussion is proceeding all over the world but, but if we remain in Sweden there is a need for new energy sources especially now when the closing of our nuclear plants is coming closer and closer. One of these new energy sources is biogas that will increase in the future.

The crops are already in our fields, so there is a good opportunity to make use of the by-products that remain after them. There is an advantage in making use of the remains instead of just tilling them down. Tilling leads to lost mineral nutrients through leaching that causes over-fertilisation in the sea and in the rivers. This is a big environmental issue.

The increase of biogas plants leads to farmers getting interested in the nitrogen-effect in the biogas residue. Therefore this trial will have an importance to farmers in the future. If the biogas residue is equal or close to mineral fertilizers that will be a complement to them. In ecological farming this would be especially interesting.

The trial in this degree project was done in a container in a climate chamber in the phytotrone at Alnarp. For the trial Italian ryegrass was chosen because of its fast growth. The fast growth was desired because we wanted to harvest the grass four times during the trial period that lasted for half a year. The trial consisted of five treatments where one was not fertilized, two were fertilized with digested sludge with two different nitrogen applications and two treatments with mineral fertilisation with the same amount of nitrogen as the treatments with digested sludge.

There was no significant difference between the treatments with digested sludge and those with mineral fertilisation in nitrogen content in the first two harvests. In the remaining harvests there was a significant higher yield of nitrogen in the highest fertilized digested sludge part than in the same mineral fertilized treatment. The result from harvest nr 4 showed no significant difference between the none fertilized and the mineral treatment but on the other hand there was a significant higher collection of nitrogen in digested sludge than in the mineral treatment.

The total yield of plant material in leaves or of the nitrogen in them did not differ between the fertilizers.

A higher amount of nitrogen was found in the digested sludge when stubble and root was included in the accumulated harvests. However, the difference was not significant.

My conclusion is that we got a result that supported our theory that only a very limited and insignificant part of the organically bound nitrogen is released during the growth period.

## INLEDNING

I Sverige men även utomlands diskuteras det allt mer hur energiförsörjningen skall lösas i framtiden. Oljan börjar bli en bristvara i världen vilket leder till ökande oljepriser. Även andra parametrar talar för ett ökat behov av nya energikällor t.ex. nedläggning av kärnkraft i Sverige eller användningen av kolkraft i våra grannländer. Några av dessa energikällor bidrar till nedsmutsning och att växthuseffekten förvärras.

Därmed borde man satsa mer på alternativ energiförsörjning som t.ex. biogas. Biogasen kan användas för olika energiändamål vilket leder till miljövinster. Hur stora dessa blir beror på vilket energisystem som byts ut (Hansson & Christensson, 2005). Ifrån växtodlingen skulle man kunna använda biprodukter så som blast och klöver/gräs för biogasproduktion. Detta skulle göras istället för att bruka ner dessa växtmaterial, vilket leder till att näring går förlorad genom avgång till luft och utlakning, som i sin tur leder till att miljön skadas genom övergödning i sjöar och vattendrag. Tog man tillvara dessa biprodukter istället och rötade materialet i en biogasanläggning så skulle man inte få de förluster av kväve som man skulle fått om man hade låtit materialet legat kvar på fältet. Förklaringen till detta är att framställningen av biogas bygger på anaerob lagring där organiskt bundet kväve i hög grad bryts ner till mineraliskt (ammoniumkväve). Tillförs rötresten marken igen efter rötning så får man en bättre kväveeffektivitet jämfört med om man skulle låtit materialet ligga kvar på marken.

År 2000 fanns det ett tiotal anläggningar som tillsammans producerade ca 200 000 ton rötrest per år. Antalet anläggningar kommer sannolikt att öka markant inom kort. En av anledningarna till detta är utvecklingen av deponiskatter som gör det svårare för kommuner att deponera det organiska materialet (Berg, 2000).

Med ökad mängd rötningsanläggningar skall större mängder spridas på åkermarken och en större marknad kommer att uppstå kring rötresten. Då ställer sig många frågan vad rötresten är värd? Vad kostar det att sprida, och vilken skörd kan man få vid användning av rötrest? Gunnarsson (2004) visade att nettoeffekten, med avseende på växttillgängligt kväve, av att biogasröta ett hektar gröngödslingvall och blast från ett hektar betor, motsvarade 65 kg N. De stora vinnarna vid övergång till ett odlingssystem som rötter klövervall och blast kan bli de som driver ekologisk odling. Det finns ett behov av gödselmedel som klarar kraven för ekologisk odling. Det nya målet är 20 % certifierat ekologiskt till år 2010.

Vid JTI har fältförsök genomförts där växtnäringseffekter av rötresten undersökts. Rötresten var i form av källsorterade organiska restprodukter (slakteri- eller matavfall, rent eller blandat med gödsel). Vid spridning i vårbruket visar försöken att skörden blir 80-100 % av den skörd som erhålls då motsvarande mängd mineralkväve sprids i form av handelsgödsel (Richert Stintzing, 2000). Kol/N-kvoten framgår inte ur Richert Stintzings skrift och det var tyvärr inte heller entydigt om jämförelsen avsåg handelsgödselkväve jämfört med totalkväve i rötresten eller bara med ammoniumkvävedelen av rötrestkvävet. Andelen ammoniumkväve i de provade rötrestprodukterna varierade från 59 – 85 % av det totala kväveinnehållet.

Gunnarsson (2005) studerade användning av biogasrötat växtmaterial till rödbetor. I den använda rötresten förelåg 46 % av totalkvävet i ammoniumform och  $C/N_{org}$  (d v s bara den organiskt bundna delen av kvävet inräknad) var 11. Utifrån den ofta använda tumregeln att organiskt bundet kväve frigörs om C/N-kvoten är under 20 borde en del av det organiskt bundna kvävet i sådan rötrest vara växttillgängligt. Försöket i Gunnarsson (2005) var dock inte upplagd för att studera den frågan.

## **MÅL**

Målet med studien var att se om man har någon kväveeffekt av det organiskt bundna kvävet i rötresten efter biogasrötad klövervall och betblast.

## **MATERIAL OCH METOD**

### **FÖRSÖKET – I HELHET**

Detta arbete har genomförts som ett kärlförsök i klimatkammare i den s.k. Biotronen vid Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp. I Biotronens klimatkammare kan klimatet styras efter önskemål när det gäller temperatur, ljusstyrka och luftfuktighet. Växten som vi gjorde försöket på var italienskt rajgräs, som har en snabb tillväxt i bladmassa. I och med detta kunde vi ta fyra skördar under försöksperioden och därmed följa förloppet för näringsupptaget.

### **JORD OCH GÖDSLING**

Från ett fält i Alnarp togs matjord med bra näringsstatus (se tabell 1) och lämplig struktur in och lufttorkades i ca två veckor, på golv i ett växthus. Därefter sållades den för att få en homogen blandning utan halmrester, sten eller lerklumpar i och med jämn vattenhalt. Vi vägde upp 11,4 kg lufttorkad jord per kärl i 25 kärl. Jordens volymvikt var 1,08 kg torr jord per liter och den hade en vattenhalt på 11,57 %. Kärlen var 31 cm djupa med en yta av 21\*17 cm (dvs. 0,0357 m<sup>2</sup>). Jordens vattenhalt vid s.k. kärlkapacitet (vattenhalt i jorden efter 24 timmars avrinning efter att jorden vattenmättats) bestämdes till 27 %.

Tabell 1. Jordtextur samt näringsinnehåll före sådd.

Makro- & mikronärings- innehåll			Övriga analysvärde		
	Resultat	Enhet		Resultat	Enhet
NH <sub>4</sub> -N	1,9	kg/ha	pH-värde	8,1	
NO <sub>3</sub> -N	62,7	– ” –	Mullhalt	4,4	%
Summa N	64,6	– ” –	Lerhalt	11	%
P-AL	13	mg/100g jord*	Finler	9	%
P-AL klass	IV		Sand grovmo	71	%
P-HCl	59	— ” —	Jordart	mmh ISa**	
P-HCl klass	3		Basmåtnadsgradd	>80	%
K-AL	7,3	— ” —			
K-AL klass	II				
K-HCl	88	— ” —			
K-HCl klass	2				
Mg-AL	16	— ” —			
Ca-AL	1400	— ” —			
Cu-HCl	9,8	mg/kg jord*			
B	2,9	— ” —			

\* Lufttorkad

\*\* Måttligt mullhaltig, lerig sand

Försöket utfördes som ett fullständigt randomiserat kärlförsök med fem upprepningar (Tabell 2).

Mängden kväve i gödslade led motsvarade 75 respektive 150 kg mineralkväve per ha. I rötrestleden fanns dessutom organiskt bundet kväve

Vi blandade ett skräddarsytt mineralgödselmedel av näringssalter så att proportionerna mellan näringsämnen blev identiska med dem i rötresten (se proportionerna enligt Tabell 3).

Receptet som togs fram liknade rötresten med två undantag:

- 1) I mineralgödselblandningen var allt kväve i nitratform medan kvävet i rötresten i huvudsak förelåg i ammoniumform.
- 2) Proportionerna Ca/N i mineralgödseln var 22 jämfört med 166 i rötresten.

Anledningen till skillnaderna var recepttekniska: Ett mineralgödselmedel innehåller alltid lika många negativa laddningar som positiva. Rötresten innehöll en mycket stor andel ämnen som är positivt laddade i sin saltform. För att kunna tillföra dessa i rätt proportioner i mineralgödselblandningen användes nitratjoner som negativ motjon. Trots det ”fattades” anjoner för att balansera det stora antalet katjoner i rötresten. Då valde vi att minska mängden Ca i mineralgödselblandningen. Eftersom jorden innehöll ett stort överskott av kalcium bedömdes det vara det bästa sättet att hantera problemet på.



Det var viktigt att halterna överensstämde mellan rötrest- och mineralkväveleden för att se om växten tog upp något av de organiska kvävet ifrån rötresten.

Tabell 2. Ledbenämning och beskrivning av näringstillförsel. (Förkortningen är den som tillämpas vidare i rapporten.)

Gödselmede I	Förkortning	Tillförsel, kg/ha	
		NH <sub>4</sub> -N	Organiskt N
Ogödslat	Og	0	0
Rötrest	R75N	75	77
-----"	R150N	150	154
Mineralgödselmedel, alla ämnen motsvarar R 75N	M75N	75	0
-----"-----, "- ----"-----"----- R150N	M150N	150	0

\* N-nivå som NH<sub>4</sub>-N i rötrestledet men med allt N som NO<sub>3</sub>-N. Ca-tillförseln understeg av recepttekniska skäl den i rötrestledet.

Rötrest respektive mineralgödsel, i rätt mängd för aktuellt led, blandades för hand med jord från ett kärl i taget i en plastback i de fyra leden som skulle innehålla näringslösning. Detta gjordes för att få en så homogen blandning som möjligt. Jorden hade ett mycket högt pH. Se Tabell 4 och 5 för pH och ledningstal vid sådd och slutskörd. För att undvika ammoniakförluster tog vi 100 g torv (fuktig torv) som hade ett pH på 3,7 blandat med 100 g lufttorkad jord och lade överst på alla kärlen.

Tabell 3. Innehåll av makro- & mikronäringsämnen i rötrest vid 6,2 % ts.

Makronärings- ämnen, Na & C	kg/ton rötres t	Prop. till NH <sub>4</sub> -N (=100)	Mikronärings- & främjande ämnen	g/ton rötres t	Prop. till NH <sub>4</sub> -N (=100)
Total-N	3	203	Al	73,5	0,5
varav N-organiskt	1,52	103	B	5,35	0,04
varav NH <sub>4</sub> -N	1,48	<i>mätare</i>	Cl	1,2	81
P	0,32	22	Cu	1,65	0,01
K	3,55	240	Fe	250	1,69
S	0,36	24	Mn	8,5	0,06
Ca	2,45	166	Zn	8,55	0,06
Mg	0,33	22	Na	0,85	57
C	21	-			
C % av ts	35,6	-			
<b>Kvoter:</b>					
C/N <sub>org</sub>	15				
NH <sub>4</sub> -N/N <sub>tot</sub>	0,49				

*Tabell 4. pH och ledningstal  
i jord före sådd men efter gödsling.*

Led	pH	Ledningsta l
Ogödslat	8,08	0,09
R 150	7,96	0,21
R 75	8,01	0,15
M 150	7,95	0,22
M 75	7,99	0,16

*Tabell 5. pH och ledningstal  
i jord efter slutskörd..*

Led	pH	Ledningsta l
Ogödslat	8,25	0,03
R 150	8,25	0,04
R 75	8,20	0,03
M 150	8,22	0,04
M 75	8,16	0,04

## SÅDD

Vi använde oss av italienskt rajgräs p.g.a. den höga tillväxten som finns i detta gräs. Detta berodde på att vi önskade skörda fyra gånger under växtperioden. Växtperioden pågick mellan den 19 juni – 12 dec 2006.

Såmängden var lika i alla kärlen med 30 frö per kärl vilket motsvarar 33,6 kg per ha. Fröna hade en tusenkornvikt på 4 g. Rajgräset såddes efter att näringslösningen respektive rötresten hade blandats i jorden. Sådjupet var enligt optimalt såddjup för rajgräs dvs. 0,5 – 1 cm. Efter uppkomst rensades alla kärlen till 24 plantor för att få samma antal plantor i varje kärl.

Två lysimetrar (se Figur 1 och 2) sattes in i varje kärl för att kunna få ut markvätska vid skördetillfällena. Lysimetrarna var av märket Rhizon SMS, kommer från Eijkelkamp B.V. Giesbeck Holland och längden var 10 cm.

Efter sådd vattnades alla kärlen upp till 60 % kärlkapacitet för att få i gång tillväxten så snabbt som möjligt. Kärlen sattes upp på speciella vagnar där varje plats var randomiserad. Vagnarna kördes in i Biotronen (se Figur 3) där kärlen fick tillbringa sin tid under växtperioden. I Biotronen var temperaturen 20° C mellan 06.00-23.00. Övrig tid var temperaturen 15° C. Valet av temperaturer gjordes för att likna växtbetingelserna sommartid i Sverige. Ljusbildning gjordes vid insättningen av kärlen och mättes till ett medel på 324,5  $\mu\text{mol}/\text{cm}^2/\text{s}$ . Vid skörd två gjordes en sänkning av ljusstyrkan till 250  $\mu\text{mol}/\text{cm}^2/\text{s}$  eftersom vi misstänkte att gräset under kvävefattiga förhållanden tog skada av det starka ljuset .

## VATTNING OCH OMFLYTTNING

Vattningen pågick under hela tillväxten och gjordes tre gånger i veckan (måndag, onsdag och fredag). Under dessa dagar vattnades det upp till 65 % kärlkapacitet. När växtmassan började öka justerades viktökningen för att kunna hålla 65 % kärlkapacitet.

Endast dagen innan skörd ett och två vattnades det upptill 80 % kärldkapacitet. Detta gjordes för att få ut tillräckligt med markvätska med lysimetrarna för att möjliggöra analys av ammonium- och nitratkväve.

En gång i veckan, vid vattningen, gjordes även en förflyttning av vagnarna i biotronen. Detta gjordes för att det inte skulle uppstå någon felkälla t.ex. pga. att ljusintensiteten varierade inom kammaren samt att kärl med god tillväxt skuggade ett kärl med sämre tillväxt.

## **SKÖRD, PROVTAGNING OCH ANALYS**

Gräset skördades för hand med en stubbhöjd på 3 cm, med en vanlig kökssax. Gräset som var skördat vägdes för att få fram färskvikten. Gräset lades i egentillverkade aluminiumpåsar för att sedan torkas i torkskåp i 70° C. När gräset var torrt efter att ha stått i torkskåpet i minst tre dagar vägdes påsarna på nytt för att få fram torrvikten. Därefter skickades proverna till analyslaboratoriet för bestämning av totalkväve enligt Dumasmetoden. Vid skörd ett utfördes N-analys på alla proverna. Därefter begränsades den av ekonomiska skäl till fyra upprepningar per led. Vid sluskskörden togs även stubben omhand, vägdes, torkades och analyserades på sitt kväveinnehåll. Vid detta tillfälle tvättades även rötterna fram från tre kärl i respektive led Og, R150N och M150N. Även rötterna analyserades på sitt N-innehåll. För att vara säkra på att vi inte fått med sand eller jord i rotproverna bestämdes för dessa, även askhalten.

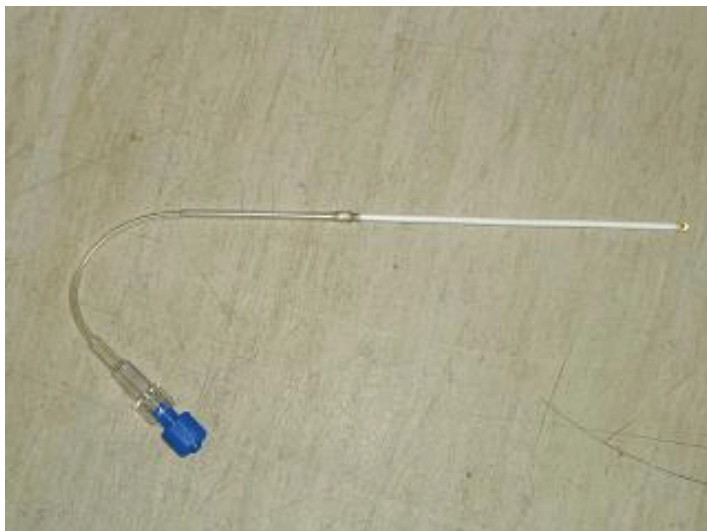
I anslutning till skörd ett och två samlades markvätska in för analys av  $\text{NH}_4\text{-N}$  och  $\text{NO}_3\text{-N}$ . Proverna togs med hjälp av lysimetrar (se Figur 1 och 2). Två lysimetrar stacks in i jorden i varje kärl i samband med sådden av rajgräset. Provrör sattes på lysimetrarna under själva skördedagen och satt på till dagen därpå. Dessa provrör byttes till nya som även fick sitta på ett dygn. Storleken på provrören motsvarade 10 ml. Efter dessa två dygn hade vi fått ihop ca 20 ml från varje kärl. Det vill säga den mängd som laboratoriet behövde för att kunna göra  $\text{NH}_4\text{-N}$  och  $\text{NO}_3\text{-N}$  analys på vätskan.

## **BERÄKNINGAR OCH STATISTISK ANALYS**

Kväveeffektivitet beräknades som mineralgödselledens respektive rötrestledens N-skörd minus N-skörden i ogödslat led dividerat med N-giva ( $\text{NH}_4\text{-N}$ -giva i rötrestleden). Därmed fick man fram en procentsiffra på hur stor kväveeffektiviteten var för varje led.

Den relativa kväveeffektiviteten för rötrestkvävet beräknades som kväveeffektiviteten av rötrest dividerat med mineralgödselns kväveeffektivitet.

Statistisk analys gjordes som envägs variansanalys med Minitab14.1 (Minitab Inc.)



*märke Rhizon SMS. Storlek 10 cm.  
(Foto: Fredrik Bengtsson)*

*Figur 1. Fotografi av en lysimeter,*



*Figur 2. Fotografi av försökskärn försedda med lysimeterar (Foto: Fredrik Bengtsson).*



*Figur 3. Fotografi över försökskärlen i biotronen. (Foto: Fredrik Bengtsson)*

## RESULTAT

### MARKVÄTSKA

Ammonium- och nitratkväveinnehållet i markvätskan skilde sig inte mellan leden i skörd 1 och 2 (Tabell 6).

*Tabell 6. Kväve i markvätska ( $\text{NO}_3\text{-N}$  och  $\text{NH}_4\text{-N}$ ) skörd 1&2.  
Inga signifikanta skillnader*

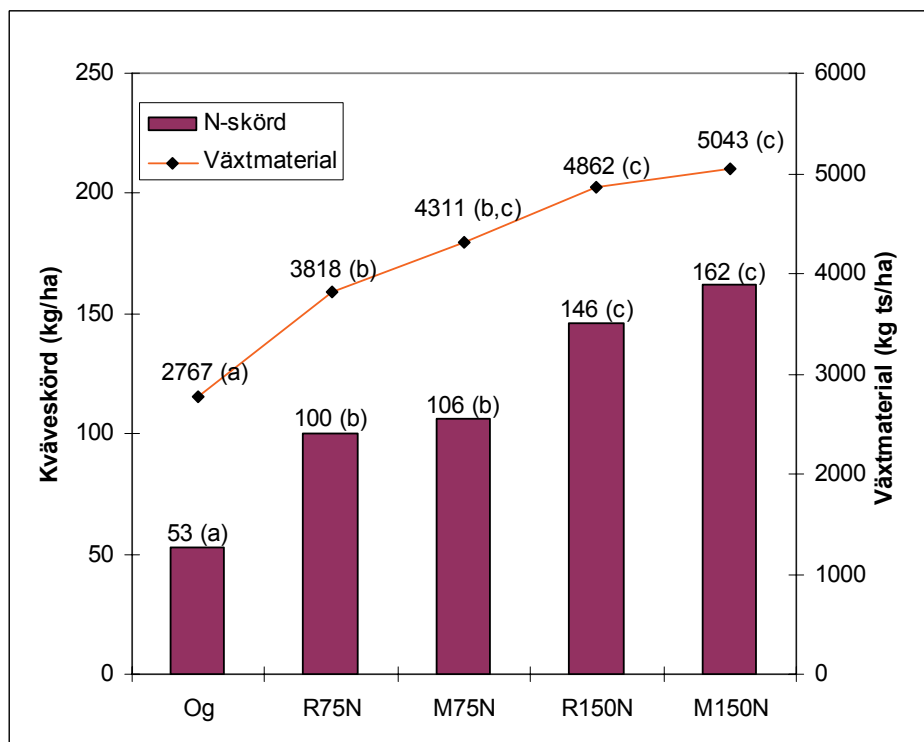
Led	N i markvätska (mg/l)	
	Skörd 1	Skörd 2
Og	0,07	0,03
R75N	0,05	0,04
M75N	0,05	0,03
R150N	0,06	0,03
M150N	0,05	0,03

### KVÄVEUPPTAG OCH SKÖRD AV VÄXTMATERIAL

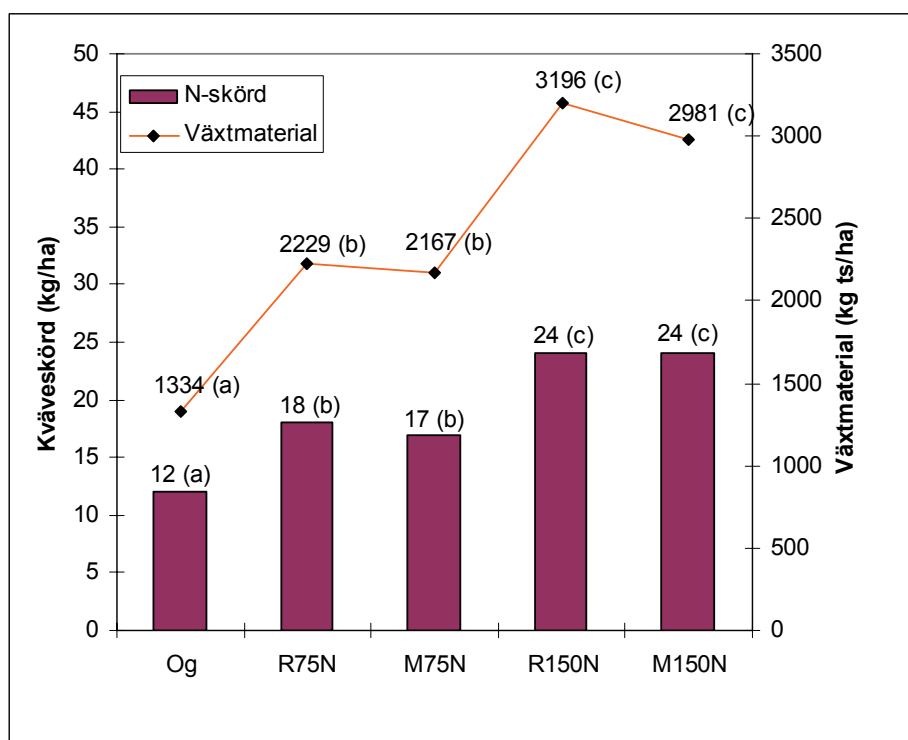
Vid skördetillfälle 1 och 2 fanns ingen signifikant skillnad i kväveupptag mellan rötrest och mineralgödselled vid samma kvävenivå (Figur 4 och 5). Kväveupptaget var däremot signifikant högre i leden som fått 75 kg N per ha än i det ogödslade ledet. Högst var upptaget i leden som fått 150 N.

I skörd 3 och 4 var kväveupptaget i R150N signifikant högre än det i M150N (Figur 6 och 7). I skörd 4 var inget av mineralgödselleden skilda från ogödsled medan båda rötrestleden hade signifikant högre skörd än ogödsled.

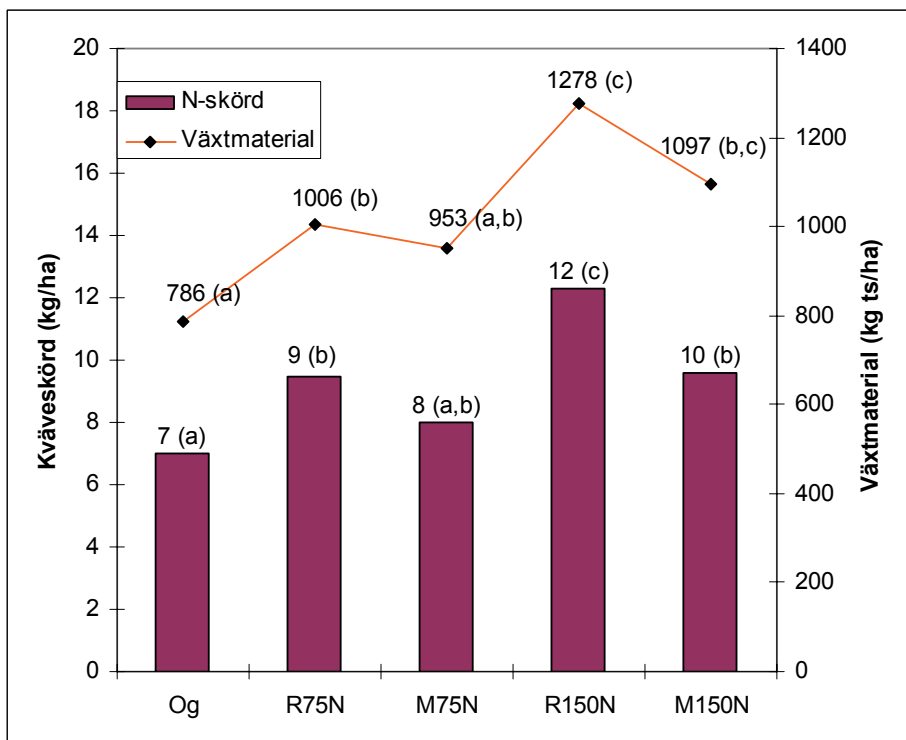
Skörden av växtmaterial var 2,7 till 5,0 ton ts per ha i skörd 1 (lägst i ogödsled och högst i M150) (Figur 4). Efterhand minskade skörden av växtmaterial. I skörd 4 (Figur 7) var den som lägst 0,5 ton per ha (ogödsled) och som högst 0,8 ton per ha (R150).



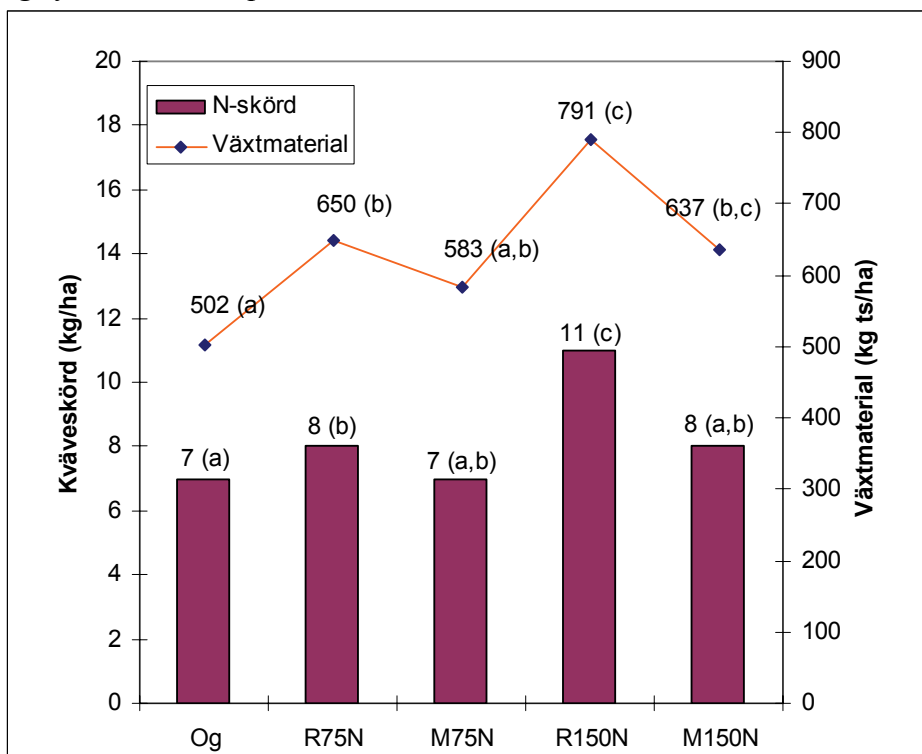
Figur 4. Skörd 1. Kväveskörd och skörd av växtmaterial (torr) av italienskt rajgräs. Stubbhöjd 3 cm. Skilda bokstäver innebär statistiskt signifikant skillnad på 5%-nivån.



Figur 5. Skörd 2. Kväveskörd och skörd av växtmaterial (torr) av italienskt rajgräs. Stubbhöjd 3 cm. Skilda bokstäver innebär statistiskt signifikant skillnad på 5%-nivån.



Figur 6. Skörd 3. Kväveskörd och skörd av växtmaterial (torr) av italienskt rajgräs. Stubbhöjd 3 cm. Skilda bokstäver innebär statistiskt signifikant skillnad på 5%-nivån.



Figur 7. Skörd 4. Kväveskörd och skörd av växtmaterial (torr) av italienskt rajgräs. Stubbhöjd 3 cm. Skilda bokstäver innebär statistiskt signifikant skillnad på 5%-nivån.

## ACKUMULERAD SKÖRD OCH KVÄVEUPPTAG

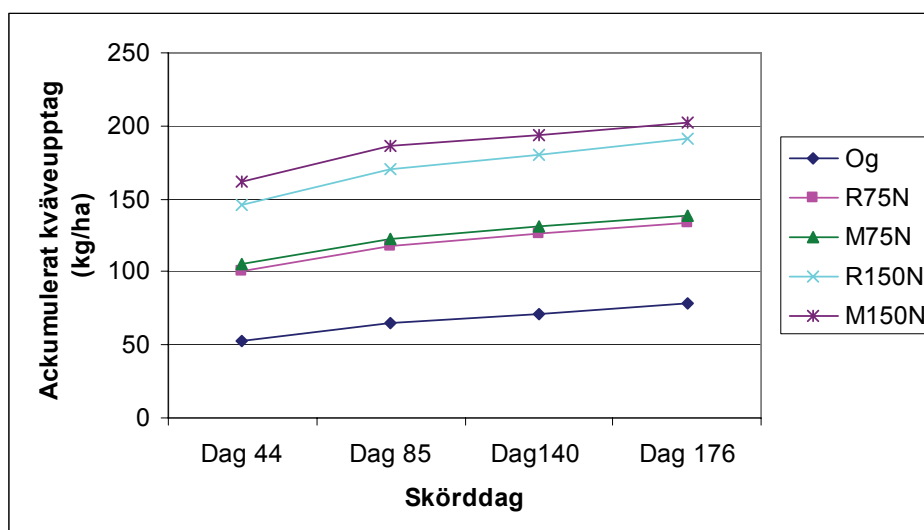
Den ackumulerade skörden av växtmaterial var i ogödslat led respektive i M150N och R150N 5,4, 9,7 och 10,1 ton ts per ha (Tabell 7 summering från Figur 4 tom. 7). Det var ingen signifikant skillnad mellan rötrestled och mineralgödselled vid samma N-nivå med avseende på mängd växtmaterial.

Tabell 7. Ackumulerad växtmassa från skörd 1 tom. 4.

Skilda bokstäver innebär statistiskt signifikant skillnad på 5 % nivå.

Led	Växtmassa i blad kg/ha
Og	5390 (a)
R75N	7700 (b)
M75N	8150 (b)
R150N	10130 (c)
M150N	9760 (c)

I figur 8 nedan åskadliggörs förloppet av det ackumulerade kväveupptaget under hela försöksperioden. Det finns en tendens till att rajgräset tagit upp mer kväve i bladen i mineralgödselleden än i rötrestleden. Skillnaden mellan mineralgödsel- och rötrestleden i ackumulerat kväveupptag fram tom. skörd 4 var emellertid inte signifikant (Tabell 8). Om även N-innehållet i marken samt stubb och rot vid slutskörden inkluderas fanns tendens att upptaget var större i R150N än i M150N men behandlingarna var inte signifikant skilda (Tabell 8).



Figur 8. Ackumulerat kväveupptag i blad.  
(Dagarna motsvarar skördarna)



Jordprov i samband med slutskörden visade att det då fanns mer mineralkväve i marken i det högst gödslade rötrestledet än i mineralkväveleden (Tabell 8).

Tabell 8. Kväveupptag i blad (skörd 1-4), kväveinnehåll i stubb och rot (skörd 4). Mineral-N i jord samt summa av dessa. Skilda bokstäver innebär statistiskt signifikant skillnad på 5%-nivån.

Led	Kväveupptag, kg/ha				Mineral-N i jord, slutskörd (kg/ha)	Summa av mineral-N i mark och N i växt (kg/ha)	
	Akkumulerat upptag i blad skörd 1-4	Kväve-innehåll i stubb	Kväve-innehåll i rot	Totalsumma (blad+stubb + rot)		Exkl. rot	Inkl. rot
Og	78 (a)	14	73	165 (a)	13 (a)	105 (a)	178 (a)
R75N	134 (b)	18	*	*	14 (a,b)	166 (b)	*
M75N	138 (b)	16	*	*	12 (a)	166 (b)	*
R150N	191 (c)	20	114	325 (b)	16 (b)	227 (c)	341 (b)
M150							
N	202 (c)	21	94	317 (b)	12 (a)	235 (c)	329 (b)

\* Ingen analys gjorda i dessa led

## N-EFFEKTIVITET OCH RELATIV N-EFFEKTIVITET

Skillnaden i kväveeffektivitet mellan mineralgödselled och rötrestled var inte signifikant. Beräkningar baserade på kväveupptag i rajgräsbladen visar emellertid en tendens till att kväveeffektiviteten i mineralgödselleden är större än i rötrestleden (Tabell 9). Skillnaden minskade efterhand från skörd 1 till skörd 4.

Tabell 9. N-effektivitet & relativ N-effektivitet

Skörd	Gödsel- medel	75 N		150 N	
		N- effektivitet (%)	Relativ N- effektivitet (%)	N- effektivitet (%)	Relativ N- effektivitet (%)
1 (blad)	Mineral	70,7%	88,7%	72,6%	85,4%
	Rötrest	62,7%		62,0%	
1+2 (blad)	Mineral	77,3%	91,4%	80,7%	86,8%
	Rötrest	70,7%		70,0%	
1+2+3 (blad)	Mineral	80,0%	91,7%	82,0%	88,6%
	Rötrest	73,3%		72,7%	
1+2+3+4 (blad)	Mineral	80,0%	93,4%	82,7%	91,1%
	Rötrest	74,7%		75,3%	
1+2+3+4 (blad) + 4 (stubb)	Mineral	82,7%	96,7%	87,3%	90,8%
	Rötrest	80,0%		79,3%	
1+2+3+4 (blad) + 4 (stubb+rot)	Mineral	-	-	101,3%	105,3%
	Rötrest	-		106,7%	

Om man i beräkningarna av kväveeffektiviteten även inkluderar rajgräsrötterna blir bilden annorlunda. Kväveeffektiviteten blir då i rötrestleden 107 % men inte heller här signifikant skillnad i effektivitet mellan mineralgödselled och rötrestled (Tabell 9).

## DISKUSSION

Med detta försök fick man fram att det finns en mycket liten (inte signifikant) kväveeffekt av det organiska bundna kvävet i rötresten men att den inte kom till uttryck i högre ovanjordisk kväveskörd (Tabell 8).

Ackumulerad skörd av växtmaterial i blad eller av N i blad skilde sig inte mellan gödselmedlen (Tabell 8 och Figur 8). Endast i skörd 3 och 4 var N-upptaget signifikant högre i de högst gödslade rötrestleden än i motsvarande mineralgödselled (Figur 6 och 7).

Resultatet tyder dock på att en liten del av det organiskt bundna kvävet i rötresten trots allt frigjorts men att rötrestgödslingen i högre grad gynnat rottillväxten än vad mineralgödslingen gjort.

Tittar man på resultatet visar det att växten i början hade svårt att utnyttja ammoniumkvävet i rötresten. Efterhand blev dock delskördarna högre i rötrestleden än i mineralgödselleden (Figur 4-7).

Det kan ha betydelse att det endast fanns  $\text{NO}_3 - \text{N}$  i mineralgödselledet. Rajgräset kan på grund av att detta ha fått en snabbare tillväxt i början eftersom nitratkvävet är något rörligare i marken och därmed kan vara lättare att ta upp än  $\text{NH}_4 - \text{N}$  för en planta med litet rotsystem. Det ska dock inte finnas  $\text{NH}_4 - \text{N}$  någon längre tid i marken, det ska ha övergått till  $\text{NO}_3 - \text{N}$  inom 1-2 veckor genom nitrifikationen (Persson, 2003). För att nitrifikationsaktiviteten ska vara god krävs ett högt pH-värde (Eriksson m.fl., 2005) vilket det var i försöket, där det var ett pH mellan 7 och 8.

Kalciumet ska inte haft någon betydelse i och med att kalciumhalten var så pass hög i jorden. Grödans direkta kalciumbehov ses också vara tämligen litet (Eriksson m.fl., 2005), därmed ses det inte som något problem i hur man kan tyda resultatet.

I jorden var det förhållandevis högt pH-värde (7,5-8). Av de tre viktigaste näringsämnen (N, P och K) är det dock endast fosfor som hämmas av ett pH över 7,5. Men i detta försök var det endast kvävet som var relevant att titta på. Upptaget av kväve är maximalt vid ett pH mellan 6 och 9 (Eriksson m.fl., 2005). Om man inte enbart tittar på pH vid upptag av kväve så ska det vara balans mellan alla näringsämnen för att upptag av kväve inte skall hämmas (Weidow, 1998).

Lämpligt pH-värde för gräs är något lägre än det värdet som fanns i jorden. Rajgräsets tolerans ligger mellan 5,5-7,0 i pH (Weidow, 1998). pH värdet är en sådan faktor som vi inte har studerat om det har påverkat resultatet. Det höga pH värdet kan ha påverkat gräset negativt under försöksperioden. En viktigare aspekt på det höga pH är risken för ammoniakförluster i rötrestledet. Dock lades torv med lågt pH överst i kärnen för att minska risken för ammoniakförluster.

Material och metod tyckte jag var relevant till det försök vi skulle göra. Denna typ av försök har gjorts innan utan direkta komplikationer. Men man skulle kunna ha större kärl för att storleken på kärnen i detta försök kan ha hämmat tillväxten av rötter.

Ljusets styrka i klimatkammaren kunde ha varit lägre från början för att det hämmade tillväxten mellan skörd 1 och 2. Om man skulle göra vidare försök inom området så ska man vara vaksammare över pH. Det var aningen högt i detta försök man skulle i så fall se om det finns en skillnad om man har ett lägre pH som ligger vid pH 6-7.

Man kan diskutera vattentillgången om den har varit tillfredsställade under växtperioden. Uppskattning av växtmassans tillväxt har gjorts för att kunna vattna till 65 % kärkapacitet men detta kan ha gjort att tillgången på vatten inte varit optimal under hela försöket.

Anledningen till att det togs prover i markvätskan endast i skörd 1 och 2 var att det efter skörd 2 fanns så pass små mängder i markvätskan att jorden i praktiken kunde betraktas som tömd på växttillgängligt kväve.

Till vidare forskning tycker jag att man skulle göra ett försök i fält för det känns lite mer relevant när man gör försök i fält, det är lite närmare praktiken. Jag själv har svårt att tro på försök när man gör det under kontrollerade förhållanden. Under kontrollerade försök kan man styra ljus-, näring-, vattentillgång till det optimala vilket man tror i teorin är det optimala för växten, men man är inte säker om det är det optimala. Ljuskällan är inte från solen utan istället är det lysrör som ska motsvara solens ljus vilket jag tror till nackdel för växterna. Det är ändå i fält som växterna ska växa, då bör växterna i försöket växa med samma förutsättningar. Men i sin tur kan man ej styra över vädret som har en stor inverkan på det resultat man får fram.

## **SLUTSATS**

Min slutsats blir att vi fick fram ett resultat som stärkte vår teori att endast en mycket begränsad del (inte signifikant) av det organiskt bundna kvävet frigörs under en växtsäsong.

## REFERENSER

### SKRIFTLIGA

- Berg, J., 2000. Lagring och hantering av rötresten från storskaliga biogasanläggningar. JTI-rapport 22, kretslopp & avfall. Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Eriksson, J., Nilsson, I., Simonsson, M., 2005. Wiklanders Marklära. Studentlitteratur.
- Gunnarsson, A., 2004. Biogasrötat växtmaterial för förbättrad näringseffektivitet i ekologiska rödbetor. (*Beta vulgaris* var *conditiva* Alef). Resultat från SLU's Ekoforsk. Fokus på sydsvensk produktion. s 5-8.  
[http://www.evp.slu.se/ekoforsk/Handout\\_Alnarp%2004.pdf](http://www.evp.slu.se/ekoforsk/Handout_Alnarp%2004.pdf)
- Gunnarsson, A., 2005. Växtnäringsstyrning i energi- och näringseffektiva ekologiska odlingssystem. Årsrapport 2003/2004. Jordbruksverkets rapportering av FoU-projekt. <http://fou.sjv.se>
- Hansson, A., Christensson, K., 2005. Biogas ger energi till ekologiskt lantbruk. Jordbruksinformation 22. Jordbruksverket, Jönköping.
- Kirchmann, H., Widén, P., 1994. Kompost av källsorterat hushållsavfall- växtnäringsinnehåll och tungmetallhalter. Tidsskrift/serie: Fakta - Mark/växter, SLU Kontakt/Redaktionen, Institutionen för markvetenskap, Uppsala.
- Persson, J., 2003. Kväveförluster och kvävehushållning, förbättringsmöjligheter i praktiskt lantbruk. Rapport 207. Institutionen för markvetenskap, avdelningen för växtnäringslära, Uppsala.
- Richert Stintzing, A., 2000. Rötrest från biogasanläggningar som gödselmedel. Tidsskrift Biologik nr 3, sid 12-15.
- Weidow, B., 1998. Växtodlingens grunder. LTs förlag.

### MUNTliga

- Christensson, K. Projektkoordinator. Försökstation Anneberg, Billeberga, juni 2006.